

PALÄOÖKOLOGISCHE FAZIES-ANALYSE DER BURDIGAL-HELVETISCHEN SCHICHTREIHE VON BUDAFOK IN DER UMGEBUNG VON BUDAPEST

von

T. BÁLDI

Paläontologisches Institut, Eötvös Universität, Budapest
(Eingegangen: 19. Juni, 1958)

ZUSAMMENFASSUNG

Die reichen untermiozänen Faunen aus der Umgebung von Törökbálint und Budafok werden paläoökologisch untersucht. Die methodischen paläoökologischen Analysen lassen Folgerungen über die geologische Fazies und die stratigraphische Einteilung zu.

Einführung

Südwestlich von Budapest, im Süden des Budaer Gebirges breitet sich das grossräumige Neogenplateau von Bia-Tétény aus. Die Basis dieses Plateaus besteht aus oberoligozänem sog. Pectunculussand mit *P. obovatus*, während wir an seinen höchsten Teilen eine zusammenhängende Tafel tortonischer Konglomerate und Leithakalke, sowie von darübergelegenen sarmatischen Grobkalken finden. Es liegen zwischen Pectunculussand und den tortonsarmatischen Bildungen bis 80–150 Meter mächtige lockere, detritale Bildungen, die nach unseren Untersuchungen die burdigalische und helvetische Stufe lückenlos ausfüllen. Die aus abwechselndem Schotter, Sand und Ton bestehende detritale Serie führt eine reiche Fauna. Diese hat den Gegenstand unserer paläoökologischen Untersuchungen gebildet.

Die paläoökologischen Untersuchungen standen mit der geologischen Reambulierung des Gebietes im Zusammenhang (1). Wir möchten nun vor Inangriffnahme der eigentlichen paläoökologischen Analyse die Ergebnisse unserer geologischen Untersuchungen kurz zusammenfassen, und gleichzeitig eine Skizze der stratigraphischen Verhältnisse in der Umgebung von Budafok geben.

Die älteste Formation im Gebiet, der Pectunculussand wird — als eine typische Entwicklung der kattischen Stufe nach Fuchs — von den meisten Forschern für oberoligozän gehalten. Neuestens wurde sie von I. Csépreghy-Meznerics als Vertreter der Aquitanstufe angesehen [24, 25]. Wir haben anhand unserer Studien gezeigt, dass der Pectunculussand mit der Verarmung der Foraminiferenfauna und mit der Zunahme des Sandgehaltes sich allmählich aus dem „Kisceller“ Tegel des Rupels entwickelt (1). Folglich liegt zwischen „Kisceller“ Tegel und Pectunculussand eine mächtige Übergangsserie aus glimmerführendem, sandigem Ton, und der Pectunculussand stellt bloss eine dünne Deckschicht dieser Serie dar. Es stellt sich nun die Frage, ob diese dünne Deckschicht noch ins obere Oligozän oder bereits zum Aquitan gehört? Der Pectunculussand ist mit dem oligozänen und

nicht mit dem miozänen Sedimentationszyklus verbunden. Ein Beweis dafür ist der allmähliche Übergang aus dem Mitteloligozän, oder besser aus den glimmerführenden, sandigen Übergangsschichten, die bereits als ein Glied des Oberoligozäns betrachtet werden können, weiterhin — wie es anhand der Aufschlüsse am Pacsirtaberg anzunehmen ist — die transgressive Lagerung der Burdigalschichten im Hangenden. Andererseits lassen sich zweifelsohne neue mediterrane Formen in der Fauna des Pectunculussandes feststellen. Er kann daher als ein abschliessendes Glied des oligozänen Sedimentzyklus betrachtet werden, der jedoch auch schon miozäne Faunenelemente führt. Deshalb betrachten wir den Pectunculussand als die letzte Bildung des Oligozäns, über der, nach dem Ausbleiben der terrestrischen, durch eine Sedimentlücke gekennzeichneten Aquitanstufe die burdigal-helvetische Serie mit transgressiven sandigen Schottern und litoralen Ablagerungen liegt. Diese Feststellung muss jedoch teils in Mangel einer Neuuntersuchung der klassischen Fauna von Törökbálint, teils infolge der ungünstigen Aufschlussverhältnisse als vorläufig betrachtet und durch noch weitere Belege unterstützt werden.

Bezüglich der stratigraphischen Lage und Unterteilung der — nach unserer Meinung burdigal-helvetischen — detritischen Schichtreihe, die dem oberen Oligozän aufliegt, gibt es in der ungarischen Fachliteratur verschiedene Ansichten. Halaváts (7) wollte in ihnen das Aquitan und Burdigal, Lórénthey (23) und Schafarzík (35) nur das Burdigal, Földvári (4) „oligo-miozäne“ Übergangsschichten und ihnen diskordant überlagerte helvetische Bildungen, endlich Horusitzky (13) die Burdigal- und Helvet-Stufen erkennen. I. Csepregy-Meznerics (24, 25) betrachtet den tieferen Teil der detritischen Serie, der über dem, ihrer Meinung nach aquitanischen, Pectunculussand liegt, als burdigalisch (Schichten mit grossen Pectines). Nach der neueren Meinung von F. Horusitzky (13a) ist der Pectunculussand oberoligozän, während die Trümmerserie die Aquitan-, Burdigal- und Helvet-Stufen enthält. Im Hangenden dieser Reihe liegt am Sasberg bei Budafok Rhyolithtuff, anderswo jedoch tortonisches Konglomerat.

Gerade bei der Klärung der stratigraphischen Lage dieser vielumstrittenen Schichtreihe haben die paläoökologischen Untersuchungen gute Dienste geleistet. Die betreffende Schichtreihe ist nämlich durch die kleine horizontale und vertikale Verbreitung der Fazies gekennzeichnet, u. zw. in dem Masse, dass die ganze Serie eigentlich aus „Linsen“ kleinerer oder grösserer Ausbreitung besteht, wobei das Sedimentmaterial und die Fauna in jeder Linse anders ist. Unsere Arbeitsmethode bestand darin, dass wir jede „Linse“, die in den Aufschlüssen erreichbar war, einzeln einer sedimentpetrographischen und paläontologischen Untersuchung unterzogen haben. Des weiteren nahmen wir auch die räumliche Lage der einzelnen „Linsen“ in Betracht: wir haben durch vermessene Profile die Aufeinanderfolge und räumliche Lage der „Linsen“ und der Fazies festgesetzt. Die paläoökologische Analyse war mit den paläontologischen Studien verbunden, kann jedoch heute noch gar nicht als abgeschlossen betrachtet werden. Sie war im allgemeinen nur auf die Untersuchung der anorganischen Faktoren — wie Wasserbewegungen, Wassertiefe, Salzgehalt, Qualität des Meeresbodens — beschränkt. Jedoch war auch bei einer Arbeit mit so kleinen Ansprüchen die biostratonomische Untersuchung eine unentbehrliche Voraussetzung. Anhand der letzteren streben wir die ehemaligen Biozönosen und die verbundenen Biotope zu rekonstruieren.

ren. Es war jedoch auch so unmöglich, auch die produktionsbiologischen Verhältnisse zu ergreifen. Bei der Bewertung der Biozönosen wird die Forschung der Zukunft unseres Erachtens den Weg der Vergleichung so gut wie möglich rekonstruierter fossiler Biozönosen mit denen des rezenten Meeresbodens einschlagen, wobei die Kenntnis der letzteren seit der Tätigkeit von Petersen mit grossen Schritten vorschreitet. Wir konnten jedoch dieses Prinzip wegen der Mangelhaftigkeit der rezenten Literatur und der schlechten Erhaltung der Faunen leider nicht konsequent durchführen.

Wir haben dann, nach der Analyse der Fazies anhand der obigen Prinzipien, die „rekonstruierten Biotope“ — entsprechend der Aufeinanderfolge der Fazies in den Profilen — in eine zeitliche Sequenz geordnet, und haben dadurch die „Entwicklungskurve“ des Budafoker Gebietes binnen der betrachteten erdgeschichtlichen Periode erhalten, welche gleichzeitig einen vorzüglichen Schlüssel zur Lösung des Problems der stratigraphischen Einteilung gab.

Unsere Abhandlung teilt sich derart im folgenden in zwei Teile: es folgt im ersten Teil die Beschreibung der paläoökologischen Analyse der einzelnen Fazies, während im zweiten die stratigraphische Wertung der paläoökologischen Analysen besprochen wurden. Unsere Arbeit besteht folglich teils aus einer Faziesanalyse, die auf der Forschung der ökologischen Verhältnisse der einzelnen Faunen (Biofazies) beruht, teils aus der Klärung der zeitlichen Veränderungen der ökologischen Faktoren, der Ökogenese.

Paläoökologische Analyse der einzelnen Fazies

Es hat sich im Laufe der paläoökologischen Untersuchungen herausgestellt, dass die mannigfaltigen Fazies auf verhältnismässig wenige Grundtypen zurückgeführt werden können. Diese sind:

I. Grober Sand und sandiger Feinschotter mit einer *Pecten-Ostrea-Anomia*-Fauna. Das wesentliche Bildungsgebiet dieser Fazies ist die Tiefenzone von 30 bis 40 Meter, sie mochte jedoch stellenweise bis zum Ebbepegel emporreichen.

II. Feinsand mit *Pitar-Solen-Lutraria-Paphia*-Fauna. Die wesentliche Bildungszone reichte von der flachen, sandigen litoralen Zone¹ bis zur Tiefe von etwa 30 m.

III a) Fossilleerer Feinsand, Grobschotter, sandiger Schotter, Ton mit Pflanzenspuren. Flachstrandfazies.

III b) Feingeschichteter blättriger Feinsand mit Pflanzenabdrücken. Flachstrand.

IV. Grober schottriger Sand, Schotter, Konglomerat mit *Balanus concavus* Bronn indiziert den flachen, schottrigen Strand einer geschlossenen, geschützten Bucht (Ästuarium mit normalem Salzwasser).

V. Feinsand, sandiger Ton mit Bänken von *Crassostrea gryphoides* (Schloth). Er zeigt ein plio-brachyhalines Ästuarium von einigen Metern Tiefe an.

V a) Kreuzgeschichteter, schottriger Grobsand mit allochthonen *Crassostrea*-Schalen.

¹ Zwischen Ebbe- und Flutpegel.

VI. Grauer Mergel mit Foraminiferen. Kennzeichnend für ein plio-brachyhalines Ästuarium von etlichen Metern Tiefe.

VII. Fluvialer Sand, Ton, Schotter, mit verkieselten Baumstämmen. Terrestrisch.

I. Grobsand und sandiger Feinschotter mit *Pecten-Ostrea-Anomia-Fauna*. Wir haben in dieser Gruppe auf ersten Blick wesentlich verschiedene, in grundlegenden Zügen jedoch übereinstimmende Fazies zusammengefasst. Wir können die folgenden gemeinsamen Eigenschaften aufzählen:

Das einschliessende Sedimentgestein (*Lithofazies*) besteht aus gelbem, glimmerigem Sand aus kantigen Quarzkörnern, schwach sortiert, mit einer häufigsten Korngrösse zwischen 0,1 bis 2 mm. Der Sand führt stellenweise mehr oder weniger Schotter, die Grösse der einzelnen Kiesel übertrifft jedoch auch in diesem schottrigen Sand die 2 cm nicht.

In der Fauna (*Biofazies*) ist der wesentlichste gemeinsame Zug die Vorherrschaft des Epifauna-Charakters². Das kommt in der Vorherrschaft der *Pecten-Anomia*-Arten, der *Ostrea edulis* und *Balanus concavus* zum Ausdruck. Die kennzeichnenden Arten sind³: *Pecten pseudobeudanti* Dep. et Rom., *P. hornensis* Dep. et Rom., *P. fuchsi styriaca* Hilb., *P. beudanti* Bast., *Chlamys gigas* Schloth., *Ch. palmata* Lam., *Ch. holgeri* Poli, *Ch. varia* L., *Ch. submalvinae* Blank., *Anomia ephippium* L. Formen aus dem Kreis der *Ostrea edulis* L.,⁴ *Balanus concavus* Bronn, *B. crenatus* Brug., *B. hungaricus* Kolosváry. Nur stellenweise kommen vor: *Pteria studeri* Lam., *Mytilus Haidingeri* Hörn., *Calyptrea chinensis* L., *Ancilla glandiformis* Lam., *Monodonta amedei* Bronn., *Oliva clavula* Lam., *Pirula condita* Bronn., und die schon eher infaunenartigen *Glycymeris*-Arten und *Turritella badensis* Sacco. Foraminiferen und Ostracoden fehlen vollkommen.



Fig. 1.

Einen guten Einblick in die biostratinomischen Verhältnisse der besprochenen Fazies gewährt der kleine Aufschluss in der Grube neben dem Weg am Pacsirtaberg. Es liegt hier über fossilarmem Feinsand eine 5 cm mächtige Schicht aus lauter alleinstehenden Muschelschalen. Mehr als dreiviertel dieser Schalen sind die mächtigen der Art *Glycymeris fichteli* Desh., es kommen hier jedoch auch *Ostrea edulis* L. und *Chlamys gigas* Schloth. vor. Es ist schon auf

den ersten Blick auffallend, dass sämtliche Schalen von 5–10 cm Durchmesser in der Position „gewölbt oben“ eingebettet worden sind. (Fig. 1.)

Die Muschelschale ist den Wasserbewegungen gegenüber dann in der stabilsten Lage, wenn die Schale mit ihrem Rand dem Untergrund aufliegt,

² Nach Petersen ist die Epifauna die Gesamtheit sessiler oder beschränkt mobiler Formen, die am verfestigten Sediment oder an festen Objekten des Meeresbodens (Gerölle, Felsen, Schalen, Pflanzen) haften. Dagegen bilden die in das Sediment eingebohrt lebenden Wesen die sog. Infauna (Jones, [14], Thorson, [39]).

³ Die Bestimmung der *Pecten*-Fauna ist durch I. Csepregy—Meznerics nachgeprüft worden.

⁴ Die von *O. edulis* unter den Namen *Ostrea adriatica*, *lamellosa*, *frondosa* unterschiedenen Arten fraglicher Berechtigung sind hier unter dem Namen *Ostrea edulis* zusammengefasst.

mit ihrer Wölbung nach oben (Müller, [27]). Wir können daher aus der Tatsache, dass die *Glycymeris*-, *Chlamys*- und *Ostrea*-Schalen alle miteinander in dieser Lage liegen, darauf schliessen, dass diese grossgewachsenen Schalen durch ansehnliche Wasserbewegungen übereinander gehäuft worden sind, die sie zugleich gezwungen haben, diese stabilste Lage einzunehmen. Alldas zeigt, dass 1. die Faunavergesellschaftung allochton ist und 2. dass sie in einer Wassertiefe gedieh, die starke Wasserbewegungen noch zulies.

Diese aus Muschelschalen bestehende Schicht von 5 cm Mächtigkeit wird von grobem Sand überlagert, der die häufigen, viel kleineren Schalen von *Anomia ephippium* L. und *Chlamys submalvinæ* Bl ank. führt. Diese beiden kommen vereinzelt auch unter den mächtigen Formen vor, massenhaft jedoch nur in der höheren Schicht. In auffallender Weise sind diese auch grösstenteils in der stabilsten Lage eingebettet. Diese Sortierung der Muschelschalen nach Dimension und spez. Gewicht kann auf die Wirkung der Wasserbewegungen zurückgeführt werden.

Wie angeführt, gibt es innerhalb des Faziestyps mit *Pecten-Anomia-Ostrea* gewisse kleinere Unterschiede im Sediment sogut wie in der Zusammensetzung der Faunen. Im erwähnten Pacsirtaberger Sand mit *Anomia ephippium* L. und *Chlamys submalvinæ* Bl ank. sind die Anomien dünnchalig mit schwach entwickelten Rippen. Demgegenüber findet man grobschalige und stark gerippte Anomien in einer sandigen Schottererschicht der Schottergrube am Keresztberg, wo neben den häufigen Anomien *Balanus concavus* Bronn, *Pecten pseudobeuranti* Dep. et Rom., *P. hornensis* Dep. et Rom., *Chlamys varia* L., *Ch. palmata* Lam., *Ostrea edulis* L. vorkommen. Zweifelsohne hat sich der sandige Schotter am Keresztberg in einem seichterem, stärker bewegten Wasser ausgebildet als der Sand vom Pacsirtaberger, eine Tatsache, die neben den gröberen Anomienschalen auch durch das gröbere Sediment und die Anwesenheit des *Balanus concavus* bewiesen wird. Anderswo können die Epifaunen wieder mit Infaunen-Elementen vermengt sein, so kommen z. B. in der Sandgrube am Pacsirtaberger in sandigem Feinschotter neben *Chlamys scabrella* Lam. und *Ostrea edulis* L. auch *Turritellen* sowie *Glycymeris* cfr. *pilosa deshayesi* May. vor.

Diese *Pecten-Anomia*-Fauna, obwohl sie mehr oder minder allochton ist, stammt doch im Lichte ihrer ökologischen Einheitlichkeit aus einer einzigen Biozönose. Letztere besteht ausnahmslos aus stenohalinen Arten mit Anspruch auf normalen Salzgehalt.

Es war bereits den biostratinomischen Verhältnissen zu entnehmen, dass die *Pecten-Anomia*-Fauna in einem bewegten Medium existierte. Derselbe Umstand wird auch durch die Grobheit des einschliessenden Sedimentmaterials bewiesen. Von Lorenz wird anhand der rezenten Fauna der Quarnero eine Fazies der *Pectines* und *Ostreen* zwischen 4 und 20 m Tiefe beschrieben (vgl. Leidenfrost, 22). Er bemerkt, dass in dieser Zone „die Wirkung der Strömungen lebhaft, die der Wellen schwach“ ist. Alles in allem sprechen diese Tatsachen dafür, dass die *Pecten*-fauna im Burdigal von Budafok im bewegten Wasser, u. zw. in der Strömungszone lebte. Auf die Verbreitung der *Pecten*-arten ist die Korngrösse des Sediments auch durch einen weiteren Umstand, nämlich durch den Oxygeengehalt des Wassers bestimmend, wie es von Oyama und Yamamoto (30) gezeigt wurde. Bei dem Aufquirlen von feinkörnigem Sediment wird nämlich der Oxygeengehalt des Wassers dermassen verringert, dass die *Pectines* nicht überleben können. Darum ist es verständ-

lich, dass sie durchwegs mit grobkörnigem Sediment verbunden vorkommen⁵.

Wir haben die Meerestiefe betreffend, in der diese *Pecten-Anomia-Ostrea*-Fauna lebte, bereits auf die Untersuchungen von Lorenz hingewiesen, der die rezente *Pecten-Ostrea*-Fazies der Quarnero aus einer Tiefe von 4 bis 20 m beschrieb. Wir können auch die etwas spätere Feststellung von Kolosváry (16) zitieren, der die *Pectines* und *Ostreen* aus dem tieferen Teil der Zone von 1 bis 35 m Tiefe der Adria nachgewiesen hat. — Selbstverständlich ist die Vergleichung mit der Quarnero nicht ganz stichhaltig, da schon vor einem halben Jahrhundert Schaffer festgestellt hat, dass im Burdigal von Mitteleuropa tropisches Klima und dem Ostindischen Archipel ähnliche Verhältnisse herrschten (36). Wir wollen darum einen Blick auf die rezenten Pectenfaunen des Ostindischen Archipels werfen.

Zahl der Stationen mit *Pecten*

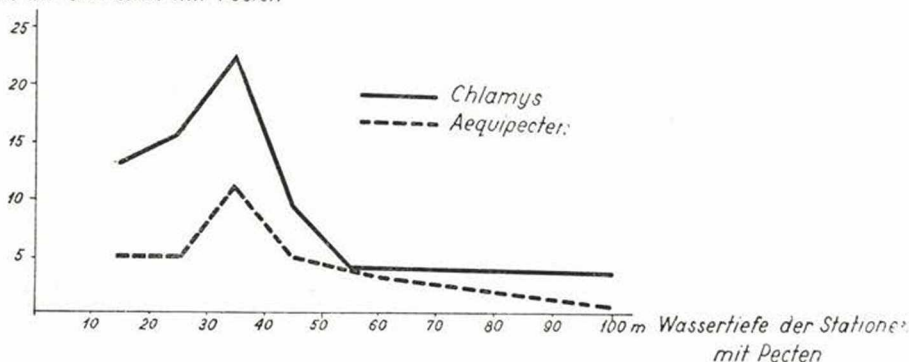


Fig. 2.

Diese Gegend ist von der „Siboga“-Expedition besucht, und deren *Pecten*-Material von Dautzenberg und Bavay bearbeitet worden. Sie haben von 55 Stationen 19 *Chlamys*-arten und von 21 Stationen 8 *Aequipecten*-arten beschrieben. Sie haben auch die Meerestiefe der Stationen bekanntgegeben. Wir haben diese auf dem nebenstehenden Diagramm dargestellt (Fig. 2). Es ist ersichtlich, dass die Häufigkeit sowohl der *Aequipecten* als auch der *Chlamys* zwischen 30 und 40 m Tiefe ein scharfes Maximum aufweist.

Wir können folglich feststellen, dass die *Pecten-Ostrea-Anomia*-Fauna von Budafok in einer Tiefenzone von dem Ebbepegel bis zur Tiefe von 30–40 m lebte. Es waren in dieser Zone in der Bestimmung der Eigenarten des Meeresbodens und folglich auch der Faunen zum Teil der Wellengang, und in der tieferen Zone besonders die Strömungen massgebend. Die kleineren lokalen Verschiedenheiten haben die sedimentpetrographischen und faunistischen Unterschiede innerhalb der Fazies bestimmt. Zu gewissermassen ähnlichen Ergebnissen gelangte Fuchs, indem er feststellte, dass die *Pecten-Ostreen*-schichten der Eggenburger Schichten im oberen Teil der *corallina*-Zone in einer Tiefe über 20 m abgelagert worden sind (5).

Wir halten für wichtig aus dem geologischen Standpunkte aus zu betonen, dass der sog. Anomiensand aus dem Gebiet links von der Donau eine mit

⁵ Auf die *Amussien* bezieht sich das nicht.

dem Budafoker *Pectines*, *Anomien* und *Ostreen* führenden Sand identische Fazies darstellt, und wie die Faunenuntersuchungen von I. Csepregy-Meznerics bewiesen haben, dem auch in seiner stratigraphischen Lage gleichsteht (24). Die aus kleingewachsenen *Chlamys*, *Ostrea*, *Exogyren*, *Anomien*, *Turritellen* und *Balanus* bestehende Fauna der Walla'schen Sandgrube von Cinkota, in einem kreuzgeschichteten feinschotterführenden Grobsand eingeschlossen, ist mit der Budafoker Fazies auch identisch, mit dem Unterschied, dass hier die Strömungen auch durch Kreuzschichtung belegt werden. Wir möchten daraus selbstverständlich keine stratigraphischen Folgerungen ziehen, denn gerade die leitenden Pectenformen des Burdigals sind vom letzteren Ort vollkommen abwesend, und obwohl der Pecten sand von Cinkota faziell mit dem von Budafok gleich ist, doch stellt er nach I. Csepregy-Meznerics eine jüngere, helvetische Bildung dar.

II. *Feinsand mit Pitar-Solen-Lutraria-Paphia-Fauna*. Der Pectenfazies gegenüber ist hier das Sediment ein feinkörniger, gelber Sand mit Toneinschlüssen und Konkretionen.

Aus der feinkörnigen Natur der Ablagerung folgt der Infaunen-Charakter der Biofazies. *Solen subfragilis* Eichw., *Pitar islandicoides* Lam., *Lutraria lutraria* L., *Paphia benoisti praecedens* Kautsky, *Cardium hians* Brocc., aus denen die Fauna besteht, sind alle Formen, die ein wühlendes Leben führten, und nach ihrer mehr oder minder vollkommenen Anpassung an diese Lebensweise mehr oder minder tief in den Sand drangen. *Pitar*, *Cardium* und *Paphia* konnten sich mit ihren grossen ovalen Schalen keineswegs so tief einbohren wie die gestreckten *Solen* und *Lutraria* (Flattely — Walton, [3]).

In der burdigalischen Schichtreihe am Kereszt-Berg, wo die betreffende Fazies in der kennzeichnenden Entwicklung studiert werden kann, ist ersichtlich, dass die Muscheln mit beiden Schalen, in ihrer originellen Position erhalten worden sind — mit der Ausnahme der nicht allzu tief eindringenden *Pitar*- und *Cardium*-Arten, unter welchen es auch isolierte unregelmässig gelegene Schalen gibt. Es mag folglich festgestellt werden, dass die Fauna nicht nur ökologisch einheitlich, sondern auch autochton ist.

Indem wir unter den rezenten Infaunen-Lebensgemeinschaften den Analog der *Pitar-Solen-Lutraria*-Vergesellschaftung von Budafok suchen, müssen wir uns auf die Arbeit von Thorson beziehen, der aus dem Persischen Golf eine Lebensgemeinschaft aus *Cytherea*, *Spisula*, *Tellina*, *Ensis* und *Cardium* erwähnt (39). In unserer Fauna wird *Spisula* durch *Lutraria*, *Ensis* durch *Solen* ersetzt. In Zusammenhang mit der aus dem Persischen Golf beschriebenen Biozönose gibt Thorson eine Tiefe von 4 bis 50 m an und bespricht sie als ein Glied der *Venus*-Gemeinschaften (*Venus communities*). Unseres Erachtens ist die *Pitar-Solen-Lutraria*-Fauna vom Kereszt-Berg eine burdigalische Analogie, Isozönose der rezenten *Venus*-Gemeinschaften.

Die Unterschiede von der *Pecten-Anomia-Ostrea*-Fauna rühren von den Unterschieden des Meeresbodens und auch des Sedimentmaterials her. Dort, wo infolge der schwächeren Wasserbewegung die feineren Korngrössenklassen abgelagert wurden, siedelte anstatt der Pectenfauna die *Pitar-Solen*-Fauna an. Wir betrachten die Annahme, dass diese beiden Faunen unbedingt verschiedene Meerestiefen anzeigen sollen, als unbegründet.

Etwas verschieden von dieser Fazies ist der in der Kereszt-Berger Schichtreihe sichtbare Grobsand mit Unmengen von *Ancilla glandiformis* Lam.

neben *Tellina planata lamellosa* D. C. G., *Pecten pseudobeudanti* Eep et Rom und einer stark gerippten *Pitar*art. Diese Entwicklung erinnert an die seichtmeerischen (litoral, bis 10 m Tiefe) rezenten *Tellina*-Gemeinschaften. Besonders in den Tropen ist für diese Lebensgemeinschaft das massenhafte Auftreten der *Ancillen* und *Terebrae* kennzeichnend (vgl. Thorson, 39). Diese konnte jedenfalls an stärker bewegten Stellen entstanden sein als der Feinsand mit *Pitar* und *Solen*, welcher Umstand neben der gröberen Korngrösse des Sedimentes auch durch die unregelmässige Einbettung isolierter Muschelschalen und im allgemeinen durch eine lumachellenartige Anhäufung der Schalenbruchstücke belegt wird.

III a) *Fossileerer Feinsand, Grobschotter, sandiger Schotter, Ton mit Pflanzenspuren*. Da diese keine Fossilien führen, tritt zu Kosten der paläo-ökologischen Analyse die sedimentpetrographische Untersuchung in den Vordergrund. Diese zeigt eine gute Sortierung, Korngrössenverteilungen mit



Fig. 3.

einem Maximum, — seltener mit zweien — und eine vorzügliche Abrollung der Kiesel. Diese Fazies tritt in der Form von mehr oder minder dünnen (max. 3 m) Einlagerungen innerhalb der *Pecten*-fazies auf. Gerölle von 10–15 cm Durchmesser bilden häufig Bänke von 5–10 cm Mächtigkeit. Diese vertreten wahrscheinlich eine litorale Fazies.

III b) *Feingebänderter blättriger Feinsand mit Pflanzenabdrücken*. Er ist aus dem burdigalischen Komplex des Pacsirta-Gebirges bekannt. (Fig. 3.)

Bräunlichvioletter, brauner, etwas gröberer glimmerführender Sand wechselt in feinen Bändern mit grauem bzw. gelblichbraunem etwas feinerem tonigem Sand ab. Die Mächtigkeit der Bänder übertrifft nur selten die 2 cm, im allgemeinen beträgt sie 2–3 mm. Diese feingebänderte Schichtung führt zu einer blättrigen Absonderung. Das Sediment enthält stellenweise linsenförmige Mergelkonkretionen von bis 50 cm Durchmesser. Die Schichtflächen sind mit Abdrücken von Wasserpflanzen besät. Die Bildungsverhältnisse dieser Formation werden durch die Untersuchungen von Häntzschel über die Sedimentierung der flachen rezenten Wattenmeere am Nordsee (Aussen — Jade) beleuchtet (8). Er zeigte, dass die litoralen Ablagerungen oft feingebändert sind. Wie in unserem Falle, ist diese feine Bänderung durch die Abwechslung sandigerer und tonigerer Schichten verursacht. Die Mächtigkeit der einzelnen Schichten mag von den Bruchstücken des Millimeters bis zu 2 cm reichen. Häntzschel bemerkt, dass die verstorbenen Pflanzen, in erster Reihe die zerfetzten Überreste der *Zostera*, selbständige Detritusschichten bilden können. Die oben zitierten Beobachtungen machen die litorale Entstehung der feingeschichteten Feinsandschichten mit Pflanzenabdrücken von Budafok im grössten Masse wahrscheinlich.

IV. *Grober schottriger Sand, Konglomerat mit Balanus concavus*. Die Gesteinsfazies besteht aus Quarzit-, Quarz-, Granitgneis-, Granit-, Lydit- und verkieselten Amphibolandesitgeröllen bis Faustgrösse, die mit Kalk verkittet sein können, weiterhin aus gelbem, glimmerführendem Feinsand.

Die begleitende Fauna besteht fast ausschliesslich aus den in grosser Zahl auftretenden *Balanus concavus* Bronn. Nach Kolosváry (19) kommen in Budafok drei Unterarten des *B. concavus*, nämlich *B. concavus concavus* Bronn, *B. concavus chesapeakeensis* Pilsbry und *B. concavus glyptogoma* Pilsbry vor. Gleichfalls nach den Untersuchungen von Kolosváry (20) heftet sich *B. concavus concavus* auf Gerölle und Ostreenschalen, *B. concavus chesapeakeensis* auf Gerölle, endlich *B. concavus glyptogoma* auf Pectenschalen an. Diese Feststellung wird durch unsere eigene Beobachtung unterstützt, dass nämlich in der Geröllfazies der ausschliesslich auf Gerölle anhaftende *B. concavus chesapeakeensis* stark vorwiegt. Die auf Pecten- und Ostreenschalen angewachsenen Abarten von *B. concavus* treten in erster Reihe in der Pectenfazies auf. Neben den *B. concavus* sind vereinzelt auch *Pecten*-Bruchstücke vorzufinden, für deren Bestimmung der Verfasser I. Csepregy-Meznerics danken muss. Sie gehören zu den Arten *Pecten subbenedictus fotensis* Meznerics und *Pecten solarium* Lam. Die Unterart *P. subbenedictus fotensis* ist auf die Helvetstufe beschränkt (26).

In biostratinomischer Hinsicht gibt es zwei Weisen, in denen die *Balanus* im Schotter und Konglomerat erscheinen: 1. in der Form von mit Geröllen vermengten, zerbrochenen Schalenstücken („Bruchschill“), 2. in auf kleineren oder grösseren Geröllen angewachsenen *Balanus*-Kolonien. Letztere Erscheinung zeigt die Autochtonie der *Balanus*.

In ökologischer Hinsicht ist das auffallendste Problem das Anhaften der *Balanus* auf grobe Gerölle. Wie bekannt, ist der litorale Grobschotter zu der Entwicklung eines benthonischen Lebens äusserst ungünstig, da die durch die Wogen in Bewegung geratenen Gerölle selbst die härtesten Schalen zermürben (Hesse-Allee-Schmidt, [11]). Der rezente *B. concavus* lebt an Echinoiden, Krebsen, Molluskenschalen (Henry, [10]), sie sind sogar auf sandigem Boden beobachtet worden, nie jedoch an Geröllen. Wir können jedenfalls feststellen, dass das massenhafte Auftreten von *B. concavus* auf dem Schotterboden des Budafoker Meeres nur derart vorzustellen ist, dass die Stärke der Wasserbewegung zum Rollen und Aufwühlen der Gerölle unzulänglich war. Diese Annahme schliesst jedoch die Möglichkeit einer abrasiven Steilküste a priori aus. Der Schotter mag aus fluvialen Transport herrühren, was sonst bewiesen wird von der Beobachtung, dass in allen Profilen über oder unter den Sand- oder Schotterschichten mit *Balanus*, oder wenigstens in ihrer unmittelbaren Nähe, *Crassostrea*-Bänke vorkommen (s. u.), die auf brackische, ästuarine Lebensbedingungen hinweisen. So erkennt man z. B. an den westlichen Ausläufern des Sasberges etliche Meter über der Konglomeratbank mit *Balanus*, mit der Einschaltung einer fossilereen sandigen Schotter-schicht, eine *Crassostrea*-Bank. An den nordöstlichen Teilen des Sasberges ist die Lage umgekehrt, hier liegt der Balanussand über die *Crassostrea*-Bänke.

Ein weiterer Beweis würde von der Untersuchung der Abrollung der Gerölle zu erwarten sein, nach den bisherigen Beobachtungen sind nämlich die Kiesel und Gerölle der Balanusschotter keineswegs so intensiv abgerollt wie die marinen Schotter im allgemeinen.

Nachdem die Frage der Herkunft des Schotters derart geklärt wurde, bleibt noch immer eine andere Frage offen: Welcher Umstand mag für die Schwäche der Wasserbewegungen verantwortlich gewesen sein? Zwei Möglichkeiten stehen vor uns: wir können 1. eine Wassertiefe annehmen, bei

der die Bewegungen schon abgeschwächt sind, 2. eine geschützte Bucht, an deren Küsten die Brandung so schwach war, dass sie die durch die Flüsse zerstreuten groben Gerölle nicht mehr zu bewegen vermochte.

Wir wollen betreffs der ersten Möglichkeit zuerst die Tiefenverbreitung des rezenten *Balanus concavus* betrachten. Er lebt, wie bekannt, in mehreren Abarten ausschliesslich im Stillen Ozean, u. zw. an den westamerikanischen Küsten von Kalifornien bis Peru und im Indopazifik (Philippinen, Australien, Hong-Kong; K o l o s v á r y, [20]). Nach einer Abhandlung von K o l o s v á r y (18) kommt der rezente *B. concavus* bis zu einer Tiefe von 305 m vor. H o e k erwähnt die Art aus „seichten Gewässern“ (12), H e n r y beschreibt zahlreiche Exemplare des *Balanus concavus pacificus* von einer sandigen Flachküste in Kalifornien (10), und K r ü g e r zählt ihn zu den litoralen Arten (29). Es tritt selbst von den ebenso spärlichen wie ungenauen Angaben hervor, dass der rezente *B. concavus*, obwohl er auch ziemlich tief zu dringen vermag, sich auch im Seichtwasser wohlich fühlt.

Die paläobiologische und zöologische Untersuchung des fossilen *Balanus concavus* von Budafok verrät uns etwas mehr. M o o r e hat am rezenten *B. balanoides* beobachtet, dass die höchstgelegenen Exemplare, die am längsten trockengelegt, der Sonne und der Austrocknung am längsten ausgesetzt waren, die dicksten Kalkplatten entwickelt haben (vgl. K r ü g e r, p. 345, [29]). In Budafok kommt der *B. concavus*, wie bereits erwähnt, auch in der Pecten-Anomien-Fazies vor. Die Hauptverbreitzungszone dieser Fazies mag die Tiefe zwischen 30 und 40 m gewesen sein, wenn sie jedoch auch höher verlegt wurde, hätte sie den Ebbpegel selbst dann nicht durchschreitet. Die hier wohnenden *B. concavus* sind folglich nie trockengelegt worden. Wenn wir die Exemplare des *B. concavus*, die in der Gesellschaft der Pectines, Ostreen und Anomien vorkommen, mit denen der ausschliesslich nur *Balanus* führenden Sande und Schotter vergleichen, finden wir, dass die letzteren viel massigere, stärkere Kalkplatten aufweisen als die Exemplare der Pectenfazies, für welche die dünne, gebrechliche Schale kennzeichnend ist. Wenn wir die Feststellungen von M o o r e mit unseren eigenen Beobachtungen vergleichen, so können wir als wahrscheinlich annehmen, dass die *Balanus* der Balanussande und Schotter, der Gefahr der Austrocknung ausgesetzt, dickere Kalkplatten entwickelt haben.

Desgleichen weist auch das massenhafte und ausschliessliche Auftreten von *Balanus concavus* auf die litorale Abstammung der betreffenden Fazies hin. Es ist nämlich eine allgemeine Erscheinung, dass unter extremen Lebensbedingungen eine Fauna mit kleiner Arten-, jedoch grosser Individuenzahl erscheint. Die Tatsache, dass *B. concavus* in dieser Fazies von praktisch gar keiner anderen Form begleitet wird, zeigt extreme Lebensbedingungen an. Die litorale Umgebung ist jedoch der extremste Biotop auf Erden (Flattely — Walton, [3]).

Wir meinen, dass die aufgezählten Tatsachen dazu hinreichen, um die erste Annahme bezüglich der tieferen Entstehung der Schotterfazies mit *Balanus* zu verwerfen und festzustellen, dass die *Balanus concavus*-Fauna am schottrigen Flachstrand einer geschützten, stillen Bucht, in der litoralen Zone gedieh.

Wir müssen endlich noch eine Tatsache vermerken. Es wurde bereits besprochen, dass die *Balanus* in dieser Fazies teils in der Form von mit den Geröllen vermengten Bruchstücken von Kalkplatten, teils in der Form von

auf die Gerölle angewachsenen intakten Häusern erscheinen. Die Gerölle, die die letzteren tragen, sind ausnahmslos entweder unvollkommen abgerollte, breite, aus ihrer stabilen Lage schwer herausbewegbare Formen, oder aber von den *Balanus* derart umgewachsen, dass das Geröll eine stabile Form erhielt. Da der Grossteil der wohl erhaltenen *Balanus* auf solche stabile Gerölle anhaftet, lässt sich folgern, dass nach dem Aufwachsen der *Balanus* die Geschützttheit der Bucht nachliess und die Brandung die weniger stabilen, leichter aus ihrer Lage herauskommenden Gerölle abzurollen begann, indem sie die anhaftenden *Balanus*-gehäuse zertrümmerte.⁶ Dagegen blieben die auf stabiler abgesetzten, schwerer beweglichen Geröllen gebauten Gehäuse, die viel schwächeren mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt waren, unbeschädigt.



Fig. 4.

Unsere Untersuchungen über die durch *Balanus concavus* gekennzeichnete Schotter-, Konglomerat- und Sandfazies zusammenfassend können wir feststellen, dass das Sedimentmaterial durch Flüsse in eine geschützte, stille Bucht gefördert wurde. In dieser Phase gediehen die Bänke der *Crassostrea gryphoides* (Schloth.) Nach dem Aufhören der fluvialen Wirkung, d. h. nach dem Anwachsen des Salzgehaltes bis zum normalen, kam es zu der massenhaften Ansiedlung von *Balanus concavus* Bronn an den schottrigen Flachstränden der geschützten Bucht. Sooft es in der Bucht zu intensiverer Brandung kam, wurden die an labileren Geröllen anhaftenden *Balanus*-gehäuse zerstört.

V. Feinsand, sandiger Ton mit Bänken der *Crassostrea gryphoides* (Schloth.)⁷. Diese Fazies kann an den westlichen Ausläufern des Budafoker Sasberges, sowie zu Érd, auf der nordöstlichen Seite von Höhepunkt 140 bei Györgyliget vorteilhaft studiert werden. Auf der erwähnten Stelle bei Budafok liegt eine ungef. 1 m mächtige *Crassostrea*-Bank über Grobschotter. Die einzelnen Exemplare sind mit beiden Schalen dicht aneinander liegend, häufig miteinander verwachsen. Die Hohlräume zwischen den Schalen werden durch grauen und gelben sandigen Ton ausgefüllt. An einigen Schalen lassen sich die Gänge der *Vioa* (= *Cliona*) sp. bemerken; es kommen weiters, neben *Crassostrea gryphoides* (Schloth.) die winzigen Gehäuse von *Balanus amphitrite* Darwin⁸ vor.

Die *Crassostrea*-Bank von Érd ist 80 cm mächtig und liegt über gräulich-gelbem glimmerführendem Feinsand. Die *Crassostreen* sind, mit beiden Schalen erhalten, äusserst dicht placiert. Die Hohlräume zwischen den Individuen

⁶ Wenn die von Schäfer eingehend beschriebenen (37) Mikro-Bohralgen bei der Entwicklung dieses Detritus überhaupt eine Rolle spielten, so dürfte diese minimal gewesen sein, somit wir nur ganz vereinzelt Spuren voranden, die als Gänge von Bohralgen gelten konnten.

⁷ Die amerikanische Literatur wendet den Termin „Reef“ = Riff anstatt „Bank“ zur Bezeichnung angehäufter *Crassostreenschalen* an.

⁸ Bestimmung durch G. Kolosváry.

sowie der Innenraum der Doppelschalen, der Raum des Weichkörpers, werden an den tieferen Stellen von tonigem Sand, weiter oben von schottrigem tonigem Sand ausgefüllt. Hier finden wir gar keine Spuren von *Balanus* oder Bohrschwämmen.

Beide Bänke sind autochthon, die Überbleibsel ehemaliger *Crassostrea* „Riffe“.

Bevor wir die paläoökologische Analyse angreifen würden, müssen wir kurz die nomenklatorischen und taxonomischen Verhältnisse der *Crassostrea gryphoides* besprechen, die neuestens von R u t s c h (34) behandelt worden sind. Genannter weist darauf hin, dass der Name *Crassostrea crassissima* L a m. hundert Jahre hindurch unberechtigt angewandt wurde, da diese Art bereits sieben Jahre vor L a m a r c k durch S c h l o t h e i m mit dem Namen „*Ostracites*“ *gryphoides* beschrieben wurde. Folglich sind die Benennungen *Crassostrea crassissima* und *Crassostrea gryphoides* absolute Synonymen. Die gleichfalls durch S c h l o t h e i m beschriebene *C. gingensis* kann von *C. gryphoides* nicht unterschieden werden, da biologische Beobachtungen in Zusammenhang mit der rezenten *C. virginica* gezeigt haben, dass die Form der Valve von lokalen Gegebenheiten abhängt. So sind die Formen *gryphoides* und *gingensis* „Ökofenotypen“ einer und derselben Art. Daher gehören die von Budafok bisher unter *C. crassissima* und *C. gingensis* beschriebenen Fossilien in eine einzige Art, die *C. gryphoides* (S c h l o t h.). Die Identität der Arten *C. gryphoides* und der rezenten *C. virginica* (G m e l i n) ist noch fraglich. Obwohl dieses letztere Problem noch weiterer Forschungen bedarf, unterliegt nach R u t s c h die sehr enge Verwandtschaft keinem Zweifel.

Die enge Verbundenheit der *C. gryphoides* mit der ökologisch vorzüglich erforschten Art *C. virginica* gibt uns die Möglichkeit, letztere zur Basis unserer paläoökologischen Betrachtungen zu wählen.

Nach P u l l e y ist *Crassostrea virginica* entlang der Ostküsten Nordamerikas von Neuschottland (Cape Cod) bis Panama verbreitet (R u t s c h, [34]), sie formt jedoch „Riffe“ nur an den nördlichen Küsten des Golfes und an den Ostküsten Amerikas nördlich von Florida (E k m a n, [2], p. 55). Sehr ähnliche Arten sind bekannt aus der Gangesdelta und aus den japanischen Ästuarien (*Ostrea gigas*) (R u t s c h, [34]).

Nach P a r k e r kann *C. virginica* verbreitete „Riffe“ nur in einer ästuarinen Umgebung, bei einem Salzgehalt von 12 bis 19 Promille bilden (31). Nach A m e m y a können sich die Larven in Wasser von über 30 Promille Salzgehalt nicht mehr entwickeln (31). Süßwasser können sie auch nur für kurze Zeit vertragen. Deshalb sterben im Falle einer starken Steigerung oder Abschwächung des Salzgehaltes im von *Crassostrea virginica* bewohnten Ästuarium die „Riffe“ ab. Es gibt für jedem dieser beiden Fälle rezente Beispiele. So hat nach B u t l e r 1945/46 die Flut des Susquehanna River den Salzgehalt der Chesapeake Bay so stark herabgesetzt, dass bis 70% der Individuen der hiesigen *Crassostrea*-Bank verstarben. Die am Leben gebliebenen Tiere konnten sich nur dann weiterentwickeln, als der Salzgehalt die 6 Promille wieder erreichte (R u t s c h, [34]). — In der Umgebung von Rockport in Südtexas gibt es riesige Buchten, die mit dem Golf von Mexiko nur durch enge Kanäle verbunden sind. Diese Buchten erhalten Zufluss durch kleine Flüsse. P a r k e r hat bewiesen, dass der Salzgehalt dieser Buchten von der Wasserzufuhr durch diese Flüsse abhängt. Dementsprechend schwankte der Salzgehalt vor 1948 im allgemeinen zwischen 5 und 25 Promille,

während er von 1948 bis 1953 infolge der verminderten Wasserzufuhr sogar 40 Promille erreichte und im allgemeinen um 36 Promille lag (31). Demzufolge liess die Produktivität der *Crassostrea*-Bänke in den Buchten zwischen 1948 und 1953 nach, und marine Formen (*Ostrea equestris*) begannen an ihnen anzusiedeln.

Nach Hedgpeth vermag *Crassostrea virginica* zwischen durchschnittlichen Temperaturen von 10 bis 25° C zu gedeihen (Rutsch, [34]).

Die rezenten *Crassostrea*-Bänke leben in Texas in Buchten von 1–4 m Tiefe, ihre Mächtigkeit ist 3,6 m (der Unterteil bereits in Sediment gebettet) und sind mit tonigen Sedimenten verbunden (Norris, [28]). Wenn wir all diese rezenten Beobachtungen auf die autochthonen *C. gryphoides*-Bänke des Miozäns von Budafok anwenden, so können wir feststellen, dass sie eine plio-brachyhaline Umgebung andeuten und es ist anzunehmen, dass sie ebenso in einem Ästuarium von etlichen Metern Tiefe gelebt haben wie ihre rezenten Nachkommen. Dass der Salzgehalt dieses miozänen Ästuariums ebenso schwankte wie der der rezenten, wird bewiesen durch den Umstand, dass auf der Budafoker *Crassostrea*-Bank *Balanus amphitrite* Darwin, eine ziemlich stenohaline Form, ansiedeln konnte. Sein Eindringen ins Ästuarium ist durch die periodisch wiederkehrende Erhöhung des Salzgehaltes ermöglicht worden.

Wir müssen hier erwähnen, dass in der grossen Schottergrube am Keresztberg ein mächtiges kreuzgeschichtetes schotteriges Grobsandkomplex aufgeschlossen ist, in dem wir nur vereinzelt die Schalen der *C. gryphoides* auffanden. Die hiesigen Exemplare sind zweifelsohne allochthoner Abstammung. Auch an rezenten Bänken beobachtet man, dass in Küstennähe die Austernschalen durch die Brandung zerstraut und mit Sand vermischt werden (Norris, [28]).

Eine andere solche schottrige Sandschicht mit allochthonen *Crassostrea*-Schalen ist am Pacsirtaberg aufgeschlossen. Hier sind die *Crassostrea*-Schalen mit Schalen anderer, teils mariner, teils brackischer, gleichmassen allochthoner Molluskenarten, wie *Pecten* sp., *Cyrena brongniarti* Lam., *Cardium kübecki* Hauer, *Turritella badensis rotundata* Schaff., *T. terebralis gradata* Menk., *T. terebralis* Lam., *Tympanotonos margaritaceus* Brocc., *Ancilla glandiformis* Lam., *Oliva clavula* Lam., vermischt.

VI. Grauer Foraminiferenmergel. Enthält die untenstehende Foraminiferenfauna von kleiner Arten-, jedoch grosser Individuenzahl: *Elphidium macellum* F. N., *Nonion soldanii* D'Orb., *N. communis* D'Orb., *Streblus beccarii* L., *Cibicides lobatulus* W. J.⁹. Überdies kommen auch Seeigelstacheln vor. Da diese Entwicklung zwischen Schichten mit *Crassostrea* liegt, haben wir ihre Fauna mit den rezenten Foraminiferenfaunen in den Ästuarien des Mexikanischen Golfes verglichen. Das auffallende Ergebnis ist wie folgt: Nach Lehman (21) besteht die Foraminiferenfauna der 1,5 Meter tiefen Matagorda Bay in Texas mit einem Salzgehalt von 2 bis 20 Promille hauptsächlich aus *Streblus beccarii* L., neben einigen *Elphidium*- und *Nonion*arten. Die grosse Individuen- und kleine Artenzahl ist auch hier kennzeichnend. In der gleichen Bucht leben auch Bänke von *Crassostrea virginica*.

Es besteht also kein Zweifel, dass die Foraminiferenfauna von Budafok ebenso in einem brackischen Ästuarium lebte, wie die Bänke von *Crassostrea gryphoides*. Die Echinoidenstacheln sind wohl allochthon.

⁹ Die Bestimmungen sind durch R. Nyiró nachgeprüft worden.

VII. *Fluvialer Ton, Sand, Schotter mit verkieselten Baumstämmen.* Diese Fazies enthält kreuzgeschichteten Quarzit- und Quarzschotter, mehr oder minder feinkörnigen Quarzsand mit zwischengelagerten grauen oder gelben schieferigen Tonlinsen, die ausser verkieselten Baumstämmen keine Fossilien führen.

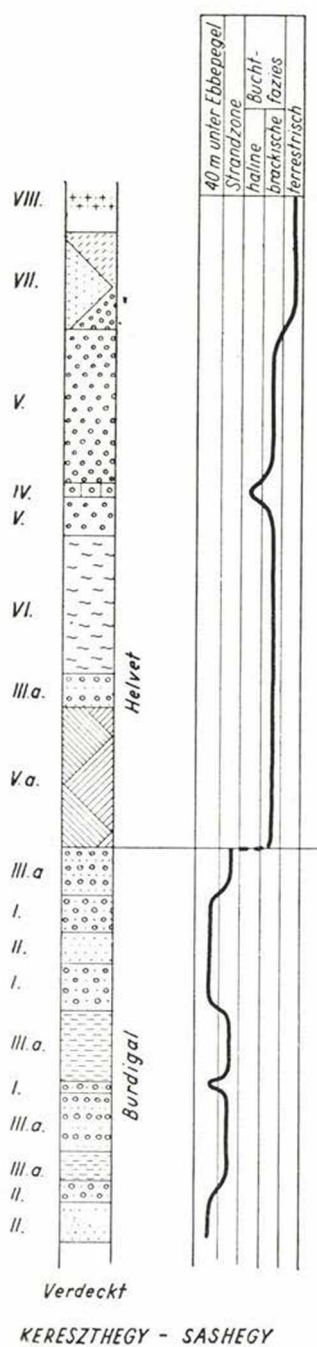
Die erdgeschichtliche Wertung der paläoökologischen Untersuchungen

Wir nehmen als nächste Aufgabe die Verfolgung der zeitlichen Veränderung der ökologischen Faktoren, der Ökogenese vor. Zu diesem Zweck haben wir die Aufeinanderfolge der einzelnen Faziestypen im Profil der Fig. 5 dargestellt. Die Verschiebung der Fazies zeigt auch die Veränderung der ökologischen Faktoren während der Deposition der detritalen Sedimentreihe zwischen dem oberoligozänen Pectunculussand und den tortonischen Bildungen an.

Die tiefste Partie der detritalen Serie ist am Pacsirta-Berg mehr oder minder wohl aufgeschlossen. Hier liegt der Brackwasser anzeigende, schottrige Grobsand mit allochthonen Crassostreenschalen, marinen und brackischen burdigalischen Faunenelementen über dem Oberoligozän. Dieser ist bereits im Laufe der Faziesanalyse besprochen worden. Darauf folgt der ebenfalls besprochene feingeschichtete, litorale Verhältnisse anzeigende Feinsand mit Pflanzenabdrücken. Weiter oben finden wir eine abwechselungsreiche Serie der verschiedenen Abarten der *Pecten-Anomia-Ostrea*-Fazies vor, die das endgültige Übergreifen des Meeres indiziert. Die sich derart ergebende „Entwicklungskurve“ zeigt klar die Transgression des Meeres und die transgressive Lagerung ihrer Produkte über dem Oligozän.

Der Profil von Keresztberg-Sasberg durch die dortigen Aufschlüsse ist gleichsam eine Fortsetzung des Pacsirtaberger Profils. Im Profil nach oben fortschreitend treffen wir vorerst bis zu einer gewissen Höhe ausschliesslich die *Pecten-Anomia-Ostrea*-Fazies, weiterhin die durch *Pitar*, *Solen* und *Paphia* gekennzeichnete Fazies und eine abwechselnde Sequenz litoraler Bildungen. Es kommt jedoch über diese ein Komplex, in dem keine der obengennanten Fazies mehr wiederkehrt, sondern die *Balanus*- und *Crassostrea*-Bänke vorkommen. Wir haben die anhand der paläoökologischen Analyse die durch *Balanus*- und *Crassostrea*-Bänke gekennzeichneten Fazies unter dem Namen „Bucht-Fazies“ zusammengefasst. Diese geht nach oben in die terrestrischfluviale Serie über. Endlich wird die detritale Serie am Sasberg von einem Rhyolith-tuffhorizont abgeschlossen.

Es geht aus dem obigen klar hervor, dass die detritale Serie einen einzigen selbständigen Sedimentationszyklus darstellt, die mit einer Transgression anfängt und mit einer Regression in zwei Phasen schliesst. Bei der Einführung dieses Zyklus in die allgemeinen Rahmen der Stratigraphie sind wir imstande, aus einigen sicheren Anhaltspunkten auszugehen. I. Csepregy-Meznerics hat anhand der Revision der Pectenfauna von Budafok das burdigalische Alter der „Schichten mit grossen Pectines“ bewiesen (24, 25). Nachdem die Pectenfazies an den tieferen Teilen unseres Profils auftritt, gehört der untere Teil der untersuchten Schichtreihe zweifellos in die burdigalische Stufe. Fraglich ist noch das Alter der *Balanus-Crassostrea*-Schichten, die um die Mitte der Schichtreihe liegen. In Budafok tritt *Balanus concavus* bereits in den burdigalischen Schichten auf, ist von anderen Fundstätten Ungarns



$M = 1 : 250$

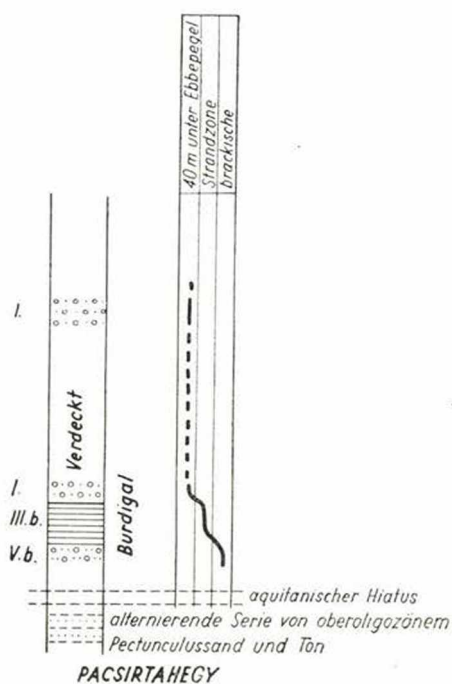


Fig. 5.

aus den helvetischen und tortonischen Schichten bekannt, so ist er aus dem stratigraphischen Standpunkte nicht allzu vielsagend. Die *Crassostreen-Fazies* ist in ganz Europa¹⁰ vorzufinden, und kommt in allen Stufen des Miozäns vor. Diese kann daher stratigraphisch auch nicht bewertet werden. Dass es doch gelungen ist, die genauere stratigraphische Lage der fraglichen Serie zu bestimmen, ist den vereinzelt auftretenden *Pectenbruchstücken*, die mit den *Balanus* gemeinsam vorkommen, zu danken. Wie wir bereits bei der eingehenden Beschreibung erwähnt haben, haben sich diese als helvetische Arten herausgestellt. So fällt die „Bucht-Periode“ bereits auf die helvetische Stufe. Wenn jedoch die „Bucht-Periode“ schon ins Helvet gehört, so gehören zwangsläufig auch die fluvialen Sande und Schotter mit den verkieselten Baumstämmen ins Helvet und der die Schichtreihe abschliessende Rhyolithuff muss mit dem sogenannten „mittleren Rhyolithuff“ der Grenze Helvet-Torton identisch sein, der als Leithorizont im ungarischen Miozän bereits gute Dienste geleistet hat. Das steht in Einklang mit den früheren Feststellungen, laut denen die den Budafoker terrestrischen Schottern ähnliche Bildungen in der Umgebung von Sopron, im Bakony-Wald und im Mecsek-Gebirge auch in die helvetische Stufe gehören; (vgl. V a d á s z, [40]).

Um die paläoökologischen und stratigraphischen Ergebnisse unserer Untersuchungen im früheren Miozän in der Gegend von Budafok kurz zusammenzufassen, stellen wir folgendes fest: Die burdigalische Stufe liegt nach der kurzen, durch Hiatus gekennzeichneten aquitanischen Emersion mit brackischen und Flachstrandbildungen transgressiv über den Pectunculussand. Das burdigalische Meer erreichte in der Umgebung von Budafok manchmal und örtlich Tiefen bis zu 30–40 m, und war in der seichteren Zone durch starken Wellengang, in der tieferen durch intensive Strömungen gekennzeichnet. In den verhältnismässig ruhigeren Partien, wo feinkörnige Sedimente abgelagert worden sind, siedelte eine aus wühlenden Muscheln bestehende, den rezenten *Venus*-Lebensgemeinschaften ähnelnde Infauna an, wogegen die stärker bewegten Stellen durch eine *Pecten-Anomia-Ostrea*-Epifauna charakterisiert werden, mit Fossilien in allochthoner Lage. Die Fortsetzung der burdigalischen Bildungen von Budafok kann nach dem Nordosten im Nördlichen Mittelgebirge verfolgt werden. Nach dem Westen gegen Törökbalint sowie nach dem Süden gegen Érd werden die burdigalischen Schichten dünner und keilen dann aus. Folglich kann in der Umgebung von Budafok nur mit einer Einbuchtung des burdigalischen Meeres gerechnet werden, die jedoch nach den Zeugen starker Wasserbewegungen und nach der Anwesenheit einer normalen marinen stenohalinen Fauna mit dem offenen Meer in enger Verbindung stand. Nichtsdestoweniger weisen die wiederholten Einschaltungen litoraler Ablagerungen auf die Nähe der Küste und auf oszillatorische Strandverschiebungen hin.

An der Grenze Burdigal-Helvet nahm die Wassertiefe in der Budafoker Bucht ab, mit einer gleichzeitigen Abschnürung vom offenen Meer. Damit fing die den tieferen Teil des Helvets ausfüllende Bucht-Periode an. Die Bucht war mit dem offenen Meer durch eine Passage von veränderlicher Breite ver-

¹⁰ Nach R u t s c h (34) kann die *Crassostrea*-Fazies des Rhönetales bis ins Wiener Becken verfolgt werden. Wir können hiermit diese Angabe bis nach Ungarn erweitern. Diese Fazies ist sogar, wie dem Verfasser durch persönliche Mitteilung von Prof. R. L. Merklin bekannt, auch in grossen Teilen der Sowjetunion (sog. Tarchansker Horizont) verbreitet, wo sie nach Merklin mit den *Oncophorenschichten* verbunden, ins Helvet gehören mag.

bunden. Die seichte, bloss etliche Meter tiefe Bucht war derart Einflüssen von gegenseitig veränderlicher Intensität, teils des offenen Meeres, teils der Flüsse ausgesetzt. Dementsprechend war der Salzgehalt in ständiger Schwankung. Die Bucht beherbergte in der brackischen Periode *Crassostrea*-Bänke und gewisse euryhaline Foraminiferen. Sooft der Salzgehalt in der Bucht zunahm, drangen marine stenohaline Formen ein, wie durch die Anwesenheit von *Balanus amphitrite* belegt. Bei länger fortdauernder Normalisierung des Salzgehaltes siedelten ausgedehnte Kolonien von *Balanus concavus* an.

Die seichte Bucht wurde mit der Zeit vollkommen von den Flüssen aufgefüllt, deshalb finden wir in den oberen Partien des Komplexes fluviale Schichten, die den oberen Teil des Helvets ausmachen. Die Regression wurde, gleichsam endgültig, abgeschlossen vom „mittleren“ Rhyolithtuff. Darauf folgend ist das Gebiet von einer erneuerten Transgression im Torton überschwemmt worden; ihre Beschreibung übertritt jedoch die Grenzen unserer Abhandlung.

LITERATUR

1. Báldi, T.: Újabb adatok Budafok és Törökbálint környékének rétegtani viszonyaihoz. (Neuere Angaben zu den stratigraphischen Verhältnissen der Umgebung von Budafok und Törökbálint). *Földt. Közl.* 88. 1958. (Unter Druck.)
- 1a. Dautzenberg, Ph. — Bavay, A.: Les Lamellibranches de l'expédition du Siboga. Siboga Expeditie 53. b. 1920.
2. Ekman, S.: Zoogeography of the sea. London 1953.
3. Flattely, W. — Walton, L.: The biology of the sea-shore. London 1922.
4. Földvári, A.: Beiträge zur Stratigraphie der Oligozän-Miozän-Schichten des Plateaus von Bia-Tétény. *Ann. Mus. Nat. Hung.* 26. 1929.
5. Fuchs, Th.: Über die bathymetrischen Verhältnisse der sogenannten Eggenburger und Gauderndorfer Schichten des Wiener Tertiärbeckens. *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissenschaften, Math. Naturw. Kl.* 109. 1890/91.
6. Haas, F.: Ökologie der Muscheln. *Bronns Klassen und Ordnungen ...* 3—5. 1941/1956.
7. Halaváts, Gy.: A neogén üledékek Budapest környékén. (Die neogenen Ablagerungen in der Umgebung von Budapest). *Földt. Int. Évk.* 17. 1910.
8. Häntzschel, W.: Die Schichtungsformen rezenter Flachmeer-Ablagerungen. *Senckenbergiana* 18. 1936.
9. Gekker, R. F.: Vvegyenyije v paleoekologiju. Moszkva 1957.
10. Henry, D. P.: Studies on the sessile Cirripedia of the pacific coast of North-America. *Univ. of Wash. Publ. in Oceanography* 4. 1942.
11. Hesse, R. — Allee, W. C. — Schmidt, K. P.: Ecological Animal Geography. New-York — London 1951.
12. Hoek, P. P. C.: The Cirripedia of the Siboga-expedition. Siboga Expeditie 31 b. *Leyden* 1913.
13. Horusitzky, F.: Megjegyzések a Budapest környéki burdigalium kérdésehez. (Bemerkungen zur Frage des Burdigalium um Budapest). *Földt. Közl.* 64. 1934.
- 13a. Horusitzky, F.: Felső oligocén. Katti emelet. Budapest természeti képe. (Oberoligozän, kattische Stufe, in „Naturgeschichtliches Bild von Budapest“). *Bpest*, 1958. p. 72.
14. Jones, N. S.: Marine Bottom Communities. *Biol. Rev.* 25. 1950.
15. Kautsky, F.: Die boreale und mediterrane Provinz des europäischen Miozäns und ihre Beziehungen... *Mitteil. d. Geol. Ges. Wien* 18. 1925.
16. Kolosváry, G.: A függélyes élettájak tagozódása az Adriában. (Die Gliederung der vertikalen Biotope in der Adria). *Debreceni Szemle* 1939. november.
17. Kolosváry, G.: *Balanus hungaricus* n. sp. *Földt. Közl.* 71. 1941.
18. Kolosváry, G.: Balaniden-Studien. *Zool. Anz.* 135. 1941.
19. Kolosváry, G.: Über tertiäre Balaniden Ungarns II. *Pal. Zeitschr.* 23. 1942.
20. Kolosváry, G.: Über die fossilen Formen von *Balanus concavus* Bronn in Ungarn. *Ann. Mus. Nat. Hung. Par Min. Geol. Pal.* 35. 1942.

21. Lehmann, E. P.: Statistical study of Texas Gulf Coast foraminiferal fa-
cies. *Micropaleontology* **3**. 1957.
22. Leidenfrost, Gy.: Adatok a Quarnero zoogeográfiájához. (Angaben zu
der Zoographie der Quarnero). *Allattani Közlem.* **7**. 1908.
23. Lőrenthey, I.: Újabb adatok Budapest környéke harmadidőszaki üle-
dékeinek geológiájához. (Neuere Angaben zur Geologie der Tertiärlagerungen in der
Umgebung von Budapest). *Mat. Termud. Ért.* **29. 30**. 1911/12.
24. Csepregyhéy Mezőnerics I.: Stratigraphische Gliederung des unga-
rischen Miozäns im Lichte der neuen Faunauntersuchungen. *Acta Geol. Ac. Sci. Hung.*
1956.
25. Csepregyhéy Mezőnerics I.—Seneš, J.: Neue Ergebnisse der
stratigraphischen Untersuchungen miozäner Schichten in der Südslowakei und Nordun-
garn. *Neues Jahrb. f. Geol. u. Pal. Monatsh. Abt. B* 1957.
26. Csepregyhéy Mezőnerics I.: A magyarországi neogén Pecten-
félék és rétegtani jelentőségük. (Die ungarischen Pectiniden und ihre stratigraphische
Bedeutung). (Unter Druck.)
27. Müller, A. H.: Grundlagen der Biostratonomie. *Abh. Dtsch. Akad. d. Wiss.*
Berlin 1950.
28. Norris, R.: Buried Oyster Reefs in some Texas Bays. *J. of Pal.* **27**. 1953.
29. Krüger, Cirripedia. *Bronns Klassen u. Ordn...* **5**. 1940.
30. Oyama, K.: Stratigraphical review for Pecten ecology. *Congr. géol. Int. C. R.*
19 sess. Alger 1952. Sect. 3. Fasc. 15 p. 95—97. 1954.
31. Parker, R.: Changes in the Invertebrate Fauna apparently attributable
to salinity changes in the bays of Central Texas. *J. of Pal.* **27**. 1953.
32. Parker, R.: Macro-invertebrate assemblages as indicators of sedimentary
environs in East Mississippi delta region. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.* **40**. 1956.
33. Puffer, R.—Emerson, W. K.: The Molluscan Community of the
Oyster-Reef Biotope on the Central-Texas Coast. *J. of Pal.* **27**. 1953.
34. Rutsch, R. F.: Die fazielle Bedeutung der Crassostrea (Ostreidae, Mol-
lusca) im Helvétien der Umgebung von Bern. *Eclogae Geol. Helv.* **48**. 1955.
35. Schafarzik, F.: Budapest főváros legújabb térképezéséről. (Über die
neueste Kartierung von Hauptstadt Budapest). *Mat. és Termud. Ért.* **39**. 1922.
36. Schaffer, F. X.: Zur Kenntnis der Miozänbildungen von Eggenburg.
Sitzb. d. k. Akad. Wiss. **119**. 1910.
37. Schäfer, W.: Die geologische Bedeutung von Bohrorganismen in tierischen
Hartteilen, aufgezeigt am Balanidenschill der Innenjade. *Senckenbergiana* **20**. 1938.
38. Sieber, R.: Neue Beiträge zur Stratigraphie und Faunengeschichte des
österreichischen Jungtertiärs. *Petroleum* **33**. 1937.
39. Thorson, G.: Bottom Communities (Sublitoral or Shallow Shelf), *Geol. Soc.*
Am. Memoir **67**. 1957.
- 39a. Thiele, J.: Handbuch der systematischen Weichtierkunde. *Jena* 1932/35.
40. Vadász, E.: Magyarország földtana. (Die Geologie Ungarns.) *Budapest*
1953.
41. Vadász, E.: Földtörténet és földfejlődés. (Erdgeschichte und Erdentwick-
lung.) *Budapest*, 1957.